УДК 553.06

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФОРМАЦИОННОГО МЕТОДА В РУДНОЙ ГЕОЛОГИИ. Часть 2

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет
E-mal: lev@tpu.ru

Приведены формационные классификации месторождений олова, вольфрама, молибдена, золота, сурьмы, ртути, мышьяка, плавикового шпата, созданные в рамках общепринятого монокомпонентного направления формационных исследований и раскрывающие тезис об их многовариантности как следствии некорректности используемых диагностических признаков рудных формаций. На конкретных примерах в сравнительном аспекте рассмотрено и обсуждается существо разногласий в оценке вещественного, генетического, геологического содержания рудных формаций. Показано, что высказанное автором ранее (1983 г.) мнение о целесообразности пересмотра ряда ключевых положений рудноформационного метода как способа его совершенствования и дальнейшего развития сохраняет свою актуальность.

Введение

В первой статье [1] данного цикла рассмотрены теоретические основы современного формационного метода в рудной геологии. В соответствии с представлениями основоположников метода С.С. Смирнова, Ю.А. Билибина и других исследователей об обусловленности вещественного состава (вида) полезного ископаемого или набора видов полезных ископаемых геологическими условиями их образования и (или) локализации метод развивался в двух направлениях – монокомпонентном и поликомпонентном. В первом случае рудная формация призвана объединять месторождения одного полезного ископаемого по признакам сходства минерального (метально-минерального) состава руд, во втором – месторождения разных полезных ископаемых, каждый набор которых, определяемый принадлежностью к конкретному магматическому комплексу, должен, как предполагалось, повторяться во времени и пространстве. В обоих случаях в процедуре формационной типизации месторождений декларировалась необходимость учета связей рудообразования с определенными геологическими процессами и (или) ситуациями, сходство которых должно было составить второй важнейший диагностический признак рудной формации.

Цель данной работы – показать на примере месторождений ряда полезных ископаемых, как воплощались исходные теоретические посылки в их формационных классификациях, и проанализировать в сравнительном аспекте последствия использования заявленных диагностических признаков рудных формаций, некорректность которых обсуждалась в предыдущей статье [1]. Насколько известно, подобный анализ, призванный дать объективную оценку состояния рудноформационного метода, не выполнялся ранее, вероятно, по причине сохраняющейся до сих пор приверженности подавляющего большинства исследователей проблемы к общепринятым устоявшимся в течение пятидесяти лет принципам выделения (обоснования) формационных совокупностей, альтернатива которым считалась и считается неуместной. Последнее обстоятельство затрудняло и затрудняет дискуссию с участием разработчиков иных подходов.

Подборка видов полезных ископаемых для анализа осуществлялась с учетом следующих соображений.

Сложилось так, что большинство специалистов, занятых разработкой данной проблемы, отдало предпочтение монокомпонентному направлению формационной типизации оруденения. Именно они разработали частично сопоставимые или не сопоставимые формационные классификации, число которых достигает для некоторых видов минерального сырья нескольких десятков [2]. Известна только одна полная классификация рудных формаций, представляющая поликомпонентное направление [3], и было бы некорректно сравнивать ее с классификациями, разработанными на основе отчасти иных принципов монокомпонентного подхода. Вместе с тем, подчеркнем, что объем поликомпонентных рудных формаций, равно как и обусловленность образования составляющих каждую из них месторождений геологическими (геодинамическими, магматическими и др.) процессами не могут быть квалифицированы как доказанные и открыты для дискуссии [1].

В свою очередь, в рамках монокомпонентного направления по объективным обстоятельствам усилия специалистов традиционно фокусировались на гидротермальных месторождениях. Месторождения каждого вида минерального сырья других генетических типов не столь многочисленны и, главное, обладают сравнительно стабильным составом руд, а условия их залегания и образования не отличаются разнообразием.

Этот тезис подтверждают магматические всегда залегающие в массивах материнских для них плутонических пород месторождения, например, хромшпинелидов с платиноидами или платиноидов в базит-ультрабазитовых комплексах, медноникелевых руд норильского типа с золотом и платиноидами или титано-магнетитовых с ванадием руд в габбро-долеритах и пироксенитах, алмазов в кимберлитах и лампроитах, нефелин-апатитовых с редкими землями руд в щелочно-ультраосновных комплексах. Не доставляют трудностей для формационной типизации бурожелезняковые, оксидно-марганцевые, бокситовые, в том числе с остаточным хромитом месторождения, образованные в латеритных, гидросиликатные никелевые с кобальтом, каолинитовые, вермикулитовые и другие месторождения – в сиалитных корах выветривания, осадочные месторождения марганца, железа, бок-

ситов и других полезных ископаемых. Формационные классификации перечисленных месторождений единичны и не вызывают сколько-нибудь серьезной дискуссии.

Гидротермальным месторождениям, исключая некоторые частные случаи, свойственны чрезвычайно разнообразный, обычно очень сложный минеральный состав руд и чрезвычайно разнообразные геологические обстановки и ситуации локализации рудных тел, равно как и морфологические черты и масштабы последних. Очевидно то, что положение, ориентировка глубинных и оперяющих их региональных разломов, как правило, контролирующих размещение материнских интрузий и сопровождающих гидротермальных месторождений в земной коре, есть следствие более глобальных обстоятельств, чем те или иные особенности геологического строения локальных занятых месторождениями блоков. Гидротермальные околорудные метасоматиты и сопровождающие их руды вообще и применительно к одному виду полезного ископаемого всегда эпигенетичны по отношению к вмещающему субстрату, а состав и строение вмещающей среды, сочетания пород, особенности геологического строения рудовмещающих блоков хотя и оказывают разнообразное влияние на размещение и частные особенности состава оруденения, не определяются теми внешними к среде геологическими процессами, которые инициируют рудообразование, равно как не определяют ни сам факт рудообразования, ни вид, за редкими исключениями, полезного ископаемого, ни его генетическую сущность.

Все это известно давно и должно было бы учитываться разработчиками и сторонниками эмпирического подхода к формационной типизации гидротермальных месторождений, возлагающими до сих пор надежды на то, что функциональные зависимости состава руд от геологических условий их залегания (не образования!) существуют и будут найдены, а, следовательно, будут оптимизированы и рудные формации.

Сказанное в полной мере относится к тем полезным ископаемым, формационные классификации которых, в частности, составляют предмет дискуссий, приведены и обсуждаются ниже. Подчеркнем, что небольшой, ограниченный объемом статьи перечень обсуждаемых классификаций сравнительно с числом опубликованных отражает неблагополучие в рудноформационном методе так, как если бы анализировались все известные их варианты, по состоянию еще на начало восьмидесятых годов XX в. опубликованные в [2]. Последние два десятилетия, как отмечалось [1] и будет показано далее, в этом плане не принесли ничего принципиально нового.

Формационные классификации месторождений полезных ископаемых

Оловянные месторождения, как можно видеть в табл. 1, демонстрируют особенности, которые многократно воспроизведены в формационных классификациях месторождений и других полезных ископаемых.

Первая особенность заключается в том, что не достигается дискретность формационных совокупностей. Создатель первой классификации С.С. Смирнов подчеркивал, что между месторождениями последних трех минеральных типов касситерит-сульфидной группы (в трудах последователей – формации) существуют по минеральному составу постепенные взаимопереходы. Эта вторая особенность нашла отражение в неопределенности объемов рудных формаций, свойственной последующим классификациям. В них повышен до формаций статус ми-

Таблица 1. *Формационные классификации месторождений олова*

С.С. Смирнов [4]	Е.А. Радкевич [5]	С.Ф. Лугов [6]
Группа касситерит-пегматитовая Типы: Натровый Натрово-литиевый *Группа* касситерит-кварцевая Типы: Оловоносных грейзенов Касситерит-топазовый Касситерит-полевошпатовый Касситерит-кварцевый *Группа* касситерит-сульфидная Типы: Оловоносных скарнов, богатых сульфидами Малосульфидных м-ний, богатых турмалином, хлоритом Сульфидных м-ний, богатых турмалином, хлоритом (касситерит отложен до сульфидов) Сульфидных м-ний, касситерит отложен с главной массой сульфидов	**Группа кремне-щелочная** *Формация* оловоносных гранитов *Формация* пегматитовая Типы: Микроклин-мусковитовый Сподумен-микроклин-мусковитовый *Формация* касситерит-кварцевая Типы: Кварц-полевошпатовый Кварц-топазовый Кварцевый Грейзеновый **Группа сульфидно-железистая** *Формация* скарновая Типы: Магнетитовый Шеелитовый Сульфидный *Формация* касситерит-силикатно-сульфидная Типы: Турмалиновый Хлоритовый *Формация* касситерит-сульфидная Типы: Арсенопирит-пирротин-сфалеритовый Галенит-сфалеритовый Касситерит-карбонатный *Формация* деревянистого олова	*Формация* оловоносных редкометальных пегматитов *Формация* касситерит-кварцевая Типы: Кварцевый Грейзеновый Скарновый *Формация* касситерит-силикатная Типы: Турмалиновый Хлоритовый Многосульфидный Грейзеновый Альбитовый Сидерофиллитовый Скарновый *Формация* касситерит-сульфидная Типы: Касситерит-сульфидный Касситерит-сульфидно-сульфосольный *Формация* риолитовая

Примечание. *Здесь и в следующих таблицах типы – минеральные типы, составные части рудных формаций*

неральных типов этой группы, однако в поздней систематике С.Ф. Лугова месторождения скарновой формации Е.А. Радкевич рассредоточены опять в ранге минеральных типов, но теперь уже двух формаций.

Во всех трех классификациях не нашел отражения тот факт, что оловянные месторождения по составу комплексные и без обычного участия в рудах вольфрама, а иногда и редких металлов (Be, Li и др.) большинство месторождений олова были бы непромышленными [7]. Существуют комплексные Sn-Au-Ag-Hg [8], Au-Mo-W-Sn [9], Sb-Au-Ag-Sn [10] месторождения, знаменующие собой постепенные переходы между объектами, в которых каждый или пара из этих металлов имеют главное промышленное значение.

Третья особенность заключается в дивергентности и конвергентности оловянных, а фактически комплексных месторождений. Так, рудные формации сходного облика образуются в связи с различными источниками рудоносных растворов в отличных геологических условиях на разных этапах развития подвижных зон и поэтому вещественный состав и генезис оруденения служат единственной основой для выделения таких рудных формаций [5]. Согласно В.Т. Матвеенко [11], касситерит-пегматитовая, касситерит-скарновая, касситерит-кварцевая формации, например, образуются в связи с одними геологическими событиями: в складчатых зонах, структурах активизации, на платформах, в одинаковых геологических ситуациях, в ассоциации с ранне-, поздне-, внеорогенными крупными интрузивами кислого и ультракислого состава. Касситерит-кварцевая, богатая железистыми силикатами или сульфидами, или теми и другими, и касситерит-сульфидная формации свойственны складчатым зонам, структурам активизации, внегеосинклинальным вулканическим поясам и связаны с поздне-, син-, внеорогенными мелкими трещинными гранитными интрузиями и субвулканическими телами гранит-порфиров. М.П. Материков подчеркивает [7], что оловорудные формации бывают связаны со сходными интрузивными породами разных магматических формаций, но из одной материнской магмы в различных условиях генерируются месторождения разных формаций. Доказано на ряде примеров мантийное происхождение оловоносных растворов [12, 13], а А.Д. Щеглов дифференцирует месторождения одной формационной совокупности в зависимости от мантийных или коровых магматических источников металлоносных растворов [14].

В формационных систематиках вольфрамовых месторождений (табл. 2) в большей степени учтен комплексный, в том числе с оловом, состав руд, но число формаций изменяется от 3 до 9. Обычно используется минеральный или метально-минеральный состав руд, отчасти состав околорудно измененных пород, однако, как и в случае оловорудных формаций, по-разному понимается классификаци-

Таблица 2. *Формационные классификации месторождений вольфрама*

М.М. Повилайтис [15]	В.К. Денисенко [16]	Ф.Р. Апельцин, Е.С. Павлов [17]
Группа скарновая *Формация* молибден-вольфрамовая Субформации: Молибденит-шеелитовая Молибденит-молибдошеелитовая *Формация* оловянно-вольфрамовая Субформация: Касситерит-шеелитовая *Формация* золото-вольфрамовая Субформация: Золото-шеелитовая *Формация* медно-вольфрамовая Субформация: Халькопирит-шеелитовая **Группа грейзеново-жильная** *Формация* оловянно-вольфрамовая Субформации: Касситерит-вольфрамитовая с Li-слюдами Касситерит-вольфрамитовая Касситерит-шеелитовая Сульфидная касситерит-вольфрамитовая *Формация* редкометально-молибден-вольфрамовая Субформации: Молибденит-вольфрамитовая Молибденит-гюбнеритовая Молибденит-шеелитовая Молибдошеелитовая *Формация* золото-вольфрамовая Субформации: Золото-шеелитовая Серебряно-золото-ферберитовая Золото-ферберитовая *Формация* сурьмяно-вольфрамовая Субформации: Антимонит-ферберитовая Киноварь-антимонит-ферберитовая **Группа железо-марганцевая гидроокисная** *Формация* вольфрамовая гидроокисная Субформация: Железисто-марганцевая гидроокисная	**Группа плутоногенная** *Формация* шеелит-скарновая *Формация* золото-шеелит-кварцевая турмалин-хлоритовая *Формация* вольфрамит-кварцевая грейзеновая **Группа плутоно-вулканогенная** *Формация* шеелит-кварц-полевошпатовая гумбеитовая *Формация* гюбнерит-сульфидно-кварцевая березитовая *Формация* ферберит-антимонит-халцедоновая аргиллизитовая **Группа гидротермально-метаморфогенная** *Формация* шеелит-сульфидно-кварцитовая скарноидная *Формация* вольфрам-псиломелановая *Формация* вольфрам-галогенная	*Формация* олово-вольфрамовая Типы: Олово-вольфрамово-скарновый Олово-вольфрамово-грейзеновый Олово-вольфрамовый кварцево-жильный Олово-вольфрамово-железо-силикатный (хлорит-турмалин) жильно-метасоматический *Формация* молибден-вольфрамовая Типы: Молибден-вольфрамово-скарновый Молибден-вольфрамово-грейзеновый Сульфидно-сульфосольно-вольфрамовый жильный Кварцево-силикатно-вольфрамовый *Формация* полиметаллически-вольфрамовая Типы: Сульфидно-вольфрамовый скарново-грейзеновый Сульфидно-вольфрамовый кварцево-жильный Колчеданно-вольфрамовый жильно-эксгаляционный Халцедон-сурьмяно-вольфрамовый жильно-штокверковый с ртутью

онное значение последних. Скажем, у М.М. Повилайтис скарны, грейзены выведены на надформационный уровень, у В.К. Денисенко скарновая, грейзеновая и другие метасоматические формации приравнены к рудным, у Ф.Р. Апельцина и Е.С. Павлова – низведены на уровень составных частей рудных формаций – минеральных типов. Классическая со времен С.С. Смирнова, неизменно повторяющаяся почти во всех систематиках оловорудных формаций, касситерит-кварцевая формация в [17] имеет статус всего лишь минерального типа, равно как и касситерит-силикатная формация С.Ф. Лугова [6].

Известно [16 и др.], что кроме собственных месторождений вольфрам присутствует в рудах других металлов – Sn, Mo, Be, Au, Hg, Sb, Pb, Zn и др. Существуют "изоморфные ряды" рудных формаций, в которых месторождения одной формации через переходные типы сменяются месторождениями другой формации.

Некоторые формации, выделенные М.М. Повилайтис [15], объединяют месторождения, сильно различающиеся по наборам минералов и геологическим условиям образования. Для большинства формаций грейзеново-жильной группы влияющие на локализацию месторождений региональные факторы сходны. К их числу относятся различные элементы складчатых и разрывных структур – срединные массивы, интрагеоантиклинальные поднятия, положительные геотектонические элементы зон тектономагматической активизации, элементы складчатых систем и зон ТМА, обнаруживающие тенденцию к относительному опусканию. Вместе с тем, месторождения оловянно-вольфрамовой формации образуются в разных геотектонических режимах, – инверсии геосинклиналей, тектономагматической активизации эпиплатформенных прогибов. Месторождения золото-вольфрамовой формации грейзеново-жильной группы, наиболее обогащенные вольфрамом, образуются в зонах максимального прогибания геосинклиналей еще в стадию их заложения, но также в зонах тектономагматической активизации, наложенных на передовые прогибы, срединные массивы, интрагеоантиклинальные поднятия. Они ассоциируют с интрузивными комплексами различного структурного положения и разного состава, – с плутоническими комплексами гранодиоритового и плагиогранитного, с вулкано-плутоническими комплексами андезит-дацитового или вулканическими комплексами основного составов [15. С. 127].

Различные подходы к оценке вещественного содержания молибденовых руд видны в табл. 3, и это находит выражение в числе рудных формаций, – от 3 до 11. В.Т. Покалов избрал в качестве главного классификационного признака промышленно интересные металлы, подчеркнув комплексный характер оруденения и показав, хотя и не в полном виде, геохимические (металлогенические) связи молибдена с другими металлами. Сочетания минералов и околорудно измененных пород представляют минеральные типы руд, в отличие от классификации В.Т. Матвеенко и Е.А. Радкевич, в которой уже метасоматические формации (а не породы) выведены на один уровень с рудными. Напротив, в наиболее дифференцированной систематике И.Г. Павловой и Г.В. Александрова в составе одной метасоматической формации участвует несколько рудных, либо, наоборот, – в состав одной рудной формации входит несколько метасоматических.

В [1] на примере молибденит-халькопирит-порфировой формации В.Т. Матвеенко и Е.А. Радкевич рассмотрены различные геологические обстановки и режимы образования составляющих ее месторождений и связь их с магматическими комплексами разной формационной принадлежности. В.Т. Покалов указывает на то, что состав вмещающих пород и структурные условия локализации молибденовых месторождений не определяют ни ассоциаций рудных элементов, ни закономерностей размещения молибденового оруденения в земной коре [18].

Таблица 3. *Формационные классификации месторождений молибдена*

В.Т. Покалов [18]	В.Т. Матвеенко, Е.А. Радкевич [19]	И.Г. Павлова, Г.В. Александров [20]
Формация медно-молибденовая Типы: Халькопирит-молибденитовый в калишпатизированных, серицитизированных, аргиллизированных породах Халькопирит-молибденитовый в известковых скарнах *Формация* молибденовая Типы: Молибденитовый в калишпатизированных, окварцованных, серицитизированных, аргиллизированных породах Молибденитовый в известковых скарнах *Формация* вольфрам-молибденовая Типы: Молибденит-вольфрамитовый (шеелитовый) в альбитизированных, грейзенизированных и менее калишпатизированных породах Шеелит-молибденитовый в известковых скарнах	*Формация* молибденит-аплитовая (редкометальных апогранитов, – И.К.) *Формация* молибденит-пегматитовая *Формация* молибденит-скарновая *Формация* молибденит-грейзено-кварцевая *Формация* молибденит-железисто-силикатная (W, Sn, Mo) *Формация* молибденит-халькопирит-порфировая	*Формация* молибденит-халькопирит-магнетитовая скарновая *Формация* молибденитовая скарновая *Формация* молибденит-шеелитовая скарновая *Формация* вольфрамит-молибденит-касситерит-редкометальная грейзеновая *Формация* молибденит-вольфрамитовая грейзеновая, гумбеит-грейзеновая *Формация* молибденит-вольфрамитовая березит-грейзеновая *Формация* молибденитовая гумбеитовая *Формация* молибденит-халькопиритовая аргиллизит-гумбеитовая, вторично-кварцит-аргиллизитовая, пропилитовая *Формация* молибденит-халькопиритовая березитовая *Формация* молибденит-галенит-сфалеритовая березит-аргиллизитовая *Формация* настуран-молибденитовая березит-аргиллизитовая

В приведенных формационных классификациях месторождений золота получили воплощение разные особенности состава руд (табл. 4): сульфидно-кварцевое отношение, металлы-примеси [21], метально-минеральные черты руд и принадлежность к метасоматическим формациям [22], мельчайшие детали минерального состава руд [23]. Отмечается повторяемость одних формаций (золото-кварцевой, золото-сульфидной) в плутонической и вулканогенной совокупностях [21, 23].

Известно, что золото относится к числу чрезвычайно "коммуникабельных" металлов, – примеси его вплоть до промышленных характерны для месторождений многих полезных ископаемых разного происхождения. Один из примеров постепенных взаимопереходов по составу руд между месторождениями, объединяемыми в разные формации, приведен в [24]. В Охотско-Чукотском вулканическом поясе установлена следующая серия золоторудных формаций: золото-серебряной, золото-серебро-теллуровой, золото-серебро-висмут-теллуровой и золото-редкометальной. Конечные члены серии представлены, с одной стороны, вулканогенными месторождениями (Au-Ag, Au-Ag-Te, Au-Ag-Bi-Te), а, с другой стороны, плутоногенными (Au-редкометальными). Промежуточные члены серии авторы объясняют одновременным существованием двух рудогенерирующих очагов – вулканогенного и плутонического (гранитоидного).

Таблица 4. *Формационные классификации месторождений золота*

М.Б. Бородаевская, И.С. Рожков [21]	Ю.П. Ивенсен, В.И.Левин [22]	Н.А. Шило [23]
Среднеглубинные (от 1,0…1,5 до 4,0…5,0 км) формации *Формация* золото-кварцевая (до 5% сульфидов) *Формация* золото-сульфидная *Формация* золото-карбонат-тальковая *Формация* золото-кварц-сульфидная (5…20% сульфидов) *Формация* золото-медная **Близповерхностные (до 1,0…1,5 км) формации** *Формация* золото-серебряная (до 20…30% сульфидов) Субформации: Серебряная с золотом Золото-серебряная Золотая с серебром *Формация* золото-кварцевая Субформации: Золото-кварцевая без теллуридов Золото-кварцевая с теллуридами *Формация* золото-кварц-сульфидная Субформации: Золото-кварц-сульфидная с теллуридами и сульфосолями Золото-кварц-галенит-сфалеритовая Золото-колчеданно-полиметаллическая	**Генетическая группа скарновая** *Формация* золото-скарновая **Генетическая группа полевошпатовых метасоматитов и грейзенов** *Формация* золотоносных полевошпатовых метасоматитов *Формация* золотоносных грейзенов **Генетическая группа гидротермальная, плутоногенный класс** *Формация* золото-сульфидная в карбонатных породах *Формация* золото-сульфидная в силикатных породах *Формация* золото-редкометально-кварцевая (с Mo, W, Sn) *Формация* золото-пирит-арсенопирит-кварцевая *Формация* золото-турмалин-кварцевая *Формация* золото-медно-молибденовая порфировая *Формация* золото-полисульфидно-кварцевая *Формация* золото-кварцевая малосульфидная сингранитоидная *Формация* золото-кварцевая малосульфидная глубинного происхождения *Формация* золото-антимонитовая **Генетическая группа гидротермальная, вулканогенный класс** *Формация* золото-(адуляр)-халцедон-кварцевая	**Плутоногенные гидротермальные формации** *Формация* золото-кварцевая *Формация* золото-альбитовая *Формация* золото-анальцимовая *Формация* золото-турмалиновая *Формация* золото-форстерит-эпидотовая *Формация* золото-гранат-везувиановая *Формация* золото-волластонит-магнетитовая *Формация* магнетитовая *Формация* золото-сульфидная *Формация* золото-баритовая **Вулканогенные гидротермальные формации** *Формация* золото-серебряная кварцевая *Формация* золото-серебряная адуляровая *Формация* золото-серебряная хлоритовая *Формация* золото-серебряная родонитовая *Формация* золото-серебряная родохрозитовая *Формация* золото-сурьмяная кварцевая *Формация* золото-теллуровая кварцевая *Формация* золото-сульфидная

Таблица 5. *Формационные классификации месторождений сурьмы, ртути, мышьяка*

Н.Г. Демидова [25]	В.И. Бергер [26]	Х.М. Юсупов [27]
Формация сурьмяно-ртутно-мышьяковая Субформации: Ртутная Сурьмяно-ртутная Ртутно-сурьмяная Ртутно-мышьяковая **Ю.В. Архипов, В.А. Биланенко [28]** *Формация* золото-антимонитовая *Формация* антимонитовая *Формация* золото-киноварь-антимонитовая *Формация* киноварь-антимонитовая *Формация* галенит-сфалеритовая с Sb	*Формация* киноварно-флюорит-антимонитовая джаспероидная *Формация* киноварная карбонатная *Формация* киноварная аргиллизитовая терригенная *Формация* золото-антимонитовая березитовая *Формация* антимонит-сульфосольно-полисульфидная березитовая *Формация* метациннабарит-киноварная карбонатно-аргиллизитовая *Формация* метациннабарит-киноварная лиственитовая *Формация* метациннабарит-киноварная опалитовая *Формация* метациннабарит-киноварная травертино-глинистая *Формация* антимонитовая аргиллизитовая *Формация* антимонит-ферберит-аргиллизитовая	*Формация* кварцево-киноварно-карбонатная *Формация* кварцево-киноварная с антимонитом, арсенопиритом, флюоритом *Формация* кварцево-киноварно-антимонитовая *Формация* кварцево-антимонитовая с кальцитом или флюоритом *Формация* кварцево-антимонитовая и мономинерально-антимонитовая *Формация* кварцево-антимонит-джемсонитовая *Формация* кварцево-антимонит-тетраэдритовая с незначительной примесью киновари, галенита, флюорита

Данные о геологических условиях образования золоторудных формаций приведены в [1]. Некоторые формации дивергентны и конвергентны, что согласуется с условиями образования месторождений ряда других полезных ископаемых.

Разные представления о том, что следует понимать под вещественным составом руд, демонстрируют формационные систематики месторождений сурьмы, ртути, мышьяка (табл. 5), – элементов, геохимически тесно связанных в процессах рудообразования. Число формаций у разных авторов изменяется от 1 до 11. Метальному подходу Н.Г. Демидовой противопоставлен минеральный подход Ю.В. Архипова и В.А. Биланенко, Х.М. Юсупова, минерально-породный В.И. Бергера. Все три металла участвуют в составе руд комплексных месторождений, различающихся только их количественными соотношениями, что и зафиксировано Н.Г. Демидовой, выделившей одну формацию. Дискретность формационных совокупностей других авторов достаточно условна.

Примеси всех трех металлов также присутствуют в рудах множества месторождений других полезных ископаемых, – золота, вольфрама, олова, молибдена, полиметаллических руд, редких металлов и др., в которых они нередко приобретают статус промышленных. Например, около половины добываемой в США сурьмы извлекается из полиметаллических месторождений.

Для месторождений Sb, Hg, As нет запрещенных серий пород и геологических обстановок, в которых они не могли бы образоваться [25].

Формационные классификации месторождений некоторых неметаллических полезных ископаемых – промышленных минералов подчеркивают общую особенность, свойственную таковым металлических полезных ископаемых, – они многовариантны. На примере плавикового шпата (табл. 6) можно видеть разную оценку авторами систематик роли флюорита в рудах собственных и комплексных редкометальных, редкоземельных, полиметаллических, ртутно-сурьмяных и других месторождений, в которых флюорит присутствует, но далеко не всегда в промышленных концентрациях и масштабах. Статус формаций в одних классификациях [31 и др.] понижается до уровня минеральных типов в других [29 и др.], либо флюорит-содержащие комплексные месторождения не включаются в формационные классификации вообще [30 и др.].

Как свидетельствуют Г.Н. Комарова [29] и Л.С. Пузанов [30], плавиковошпатовое оруденение не имеет каких-либо родственных связей с геологическими формациями, всегда наложено на любые типы геологических образований вне зависимости от их генезиса.

Краткое обсуждение результатов и выводы

Из приведенных в [1] и данной статье материалов следует, что строгой теории формационного метода в общепринятом его варианте не существует. Предложенные в тридцатых-сороковых годах прошлого столетия основоположниками метода теоретические посылки и предположения подтвердились лишь частично и далеко не в той степени, чтобы метод в его первоначальном виде оправдал возлагавшиеся на него надежды.

Уже в первые десятилетия массового использования принципов формационной типизации гид-

Таблица 6. *Формационные классификации месторождений плавикового шпата*

Г.Н. Комарова [29]	Л.С. Пузанов [30]	А.А. Иванова и др. [31]
Формация силикатно-флюоритовая (с Be, Sn, W) в скарново-грейзеновых образованиях Типы: Слюдисто-флюоритовый с турмалином, диаспором Полевошпатово-флюоритовый *Формация* флюоритовая в карбонатитах Типы: Кварц-кальцит-флюоритовый Апатит-гематит-флюоритовый Гематит-барит-флюоритовый Карбонатно-флюоритовый с редкими землями *Формация* карбонатно-редкоземельно-флюоритовая Типы: Бастнезит-сульфидно-флюоритовый с баритом Бастнезит-флюоритовый с гематитом Паризит-кальцит-флюоритовый *Формация* барит-сульфидно-флюоритовая, сопровождаемая пропилитами и березитами в алюмосиликатных породах и зонами окварцевания в карбонатных Типы: Кальцит-кварц-флюоритовый Барит-галенит-сфалеритовый с сульфосолями и серебром Халькопирит-сфалерит-флюоритовый Кальцит-флюоритовый с галенитом и сфалеритом Барит-флюоритовый Барит-сульфидно-флюоритовый *Формация* кварц-флюоритовая, сопровождаемая аргиллизитами и зонами окремнения Типы: Флюоритовый Кварц-флюоритовый Барит-кальцит-кварц-флюоритовый Цеолит-кальцит-кварц-флюоритовый Марказит-пирит-флюоритовый	*Формация* флюоритоносных карбонатитов Типы: Гематит-карбонатно-флюоритовый Барит-ангидрит-флюоритовый *Формация* флюоритовая Типы: Кальцит-флюоритовый Кварц-кальцит-флюоритовый Слюдисто-кальцит-флюоритовый Топаз-кальцит-флюоритовый Сульфидно-кварц-флюоритовый Слюдисто-кварц-флюоритовый Доломит-кальцит-флюоритовый Кварц-флюоритовый Сульфидно-кварц-флюоритовый Кальцит-кварц-флюоритовый Барит-кварц-флюоритовый Полиметаллически-барит-флюоритовый	*Формация* редкометально-флюоритовая *Формация* полиметаллически-флюоритовая *Формация* собственно-флюоритовая *Формация* бериллий-флюоритовая *Формация* тантал-ниобий-редкоземельно-флюоритовая *Формация* железо-редкоземельно-флюоритовая *Формация* полиметаллически-флюоритовая *Формация* ртутно-сурьмяно-флюоритовая *Формация* ратовкит-флюоритовая

ротермальных рудных месторождений стали очевидными широко распространенные явления дивергенции и конвергенции рудообразования. Открытие их означало, что формированием вещественного состава руд, включая профильные металлы, управляют более сложные и более универсальные законы, чем предполагалось ранее. Быстро накапливавшиеся обширные эмпирические материалы вступали в противоречие с формационными принципами их обобщения.

Действительно, если следовать формулировкам рудных формаций, объединять в одну формационную совокупность месторождения, образованные в условиях разных геологических режимов и в связи, скажем, с магматизмом разной формационной принадлежности нельзя, в противном случае формация будет конвергентной, что есть нонсенс. Между тем, в описаниях рудных формаций у многих авторов нередко можно встретить указания на то, что каждая или та или иная из них конвергентна. Это означает, что в подобных случаях учет геологических условий образования и тем более разнообразнейших условий локализации гидротермального оруденения лишь декларируется и эти условия имеют не более чем информационное (но не диагностическое) значение. Ситуация усугубляется трудностями реконструкции геологических условий рудообразования и существованием множества представлений на сей счет.

Таким образом, вещественный состав руд фактически оставался и остается единственным диагностическим признаком рудных формаций. В связи с этим уместно отметить справедливость замечания одного из представителей поликомпонентного направления, последовательного критика обсуждаемого подхода П.А. Строны [3], который констатировал, что создатели формационных классификаций в рамках монокомпонентного направления не ушли от принципов типизации немецкой формационной школы XIX в. В этом заключается одна из двух причин той легкости, с которой меняется статус рудной формации на минеральный тип или субформацию и наоборот в формационных систематиках одного полезного ископаемого, но разных авторов.

Использование такого объективного и проверяемого признака как метально-минеральный состав руд для выделения дискретных совокупностей месторождений – рудных формаций оказалось неэффективным, и в этом вторая причина бесконечных изменений статуса таких совокупностей. Последнее далеко не безобидно, как может показаться, и свидетельствует о сильном личностном акценте в оценке тех или иных особенностей состава руд. Утверждение П.А. Строны о том, что от объективности признака до возможности объективного его использования достаточно далеко [3], объективно отражает реальность. Реальность заключается в том, что по метально-минеральному составу руд между месторождениями одного и разных металлов существуют постепенные взаимопереходы, а декларируемый диагностический признак рудных формаций – вещественный состав руд не несет и, как выяснилось, не может нести единообразно понимаемого всеми конкретного содержания [1] и поэтому некорректен, как и указание на то, что в объеме одной формации он должен быть сходен. Отсутствует мера сходства.

Создается впечатление, что чрезвычайно сложный минеральный состав руд гидротермальных месторождений и постепенные переходы по составу между ними есть следствие функционирования некоторого универсального механизма насыщения флюидов возможно бóльшим числом растворенных соединений и металлов в их составе, и лишь физико-химическое и термодинамическое состояние систем рудообразования в очагах генерации и разгрузки металлоносных флюидов определяют номенклатуру элементов, включая промышленно интересные, которые перейдут в твердую фазу в наибольших количествах.

Как отмечалось, объективным свидетельством неблагополучия в рудноформационном методе служит многовариантность формационных классификаций. Груз некорректных признаков, изначально заложенных в рудную формацию, оказался для нее неподъемным. Это следует и из того, что в последнее десятилетие идет вялотекущий процесс повторения пройденного [32–39 и др.] – того, что было создано в шестидесятые-восьмидесятые годы. Ключевые положения формационного метода, учитывая его важность в генетических и металлогенических исследованиях, требуют корректировки, существо которой обсуждается в следующей статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. Теория и практика формационного метода в рудной геологии. Часть 1 // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 4. – С. 30–37.
2. Основные типы рудных формаций. Терминологический справочник / Под ред. Ю.А. Косыгина, Е.А. Кулиша. – М.: Наука, 1984. – 316 с.
3. Строна П.А. Главные типы рудных формаций. – Л.: Недра, 1978. – 199 с.
4. Смирнов С.С. К оценке оловорудных районов // Советская геология. – 1941. – № 3. – С. 3–16.
5. Радкевич Е.А. Оловорудные формации и их практическое значение // Советская геология. – 1968. – № 1. – С. 14–24.
6. Лугов С.Ф. Формации оловянных месторождений // Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. Т. 1. – М.: Недра, 1977. – С. 216–250.
7. Материков М.П. Закономерности размещения и геологические группы оловянных месторождений СССР. – М.: Недра, 1974. – 144 с.
8. Некрасов И.Я. О причинах совмещения оловянной, серебряной и золотой минерализации в месторождениях Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. – 1990. – Т. 32. – № 1. – С. 98–104.
9. Ивенсен Ю.П. Рудные формации и их связь с магматизмом. – М.: Наука, 1972. – 162 с.
10. Сидоренко З.В. Основные черты металлогении ртути и сурьмы Тихоокеанского пояса и принципы регионального прогнози-

рования // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10. – М.: Наука, 1973. – С. 265–278.

11. Матвеенко В.Т. Классификация месторождений олова С.С. Смирнова и ее роль в развитии оловянной промышленности СССР // Проблемы региональной металлогении и эндогенного рудообразования. Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 155. – Л., 1968. – С. 42–45.
12. Говоров И.Н. Геохимические циклы олова и типы оловоносных магматических комплексов // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10. – М.: Наука, 1973. – С. 153–167.
13. Norman D.J. Nguene F.R. Genesis of Sn-granites and Sn-deposits in light of Rb-Sr isotopes, fluid inclusions and petrographic studies // Условия образования рудных месторождений: Труды 6-го Симп. МАГРМ, г. Тбилиси, 6–12 сентября 1982 г. – Т. 2. – М.: 1986. – С. 490–502.
14. Щеглов А.Д. Оловянные месторождения, мантия и субдукция // Доклады РАН. – 1993. – Т. 331. – № 4. – С. 459–462.
15. Повилайтис М.М. Основные формации месторождений вольфрама // Рудные формации эндогенных месторождений. Т. 1. – М.: Наука, 1976. – С. 8–167.
16. Денисенко В.К. Месторождения вольфрама. – М.: Недра, 1978. – 144 с.
17. Апельцин Ф.Р., Павлов Е.С. Разработка критериев прогнозирования и оценки вольфрамовых месторождений // Экспресс-информация. Сер. Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. – № 5. – М.: ВИЭМС, 1979. – С. 1–22.
18. Покалов В.Т. Опыт классификации эндогенных месторождений молибдена на тектономагматической основе // Советская геология. – 1970. – № 1. – С. 74–87.
19. Матвеенко В.Т., Радкевич Е.А. К поиску молибденовых и молибден-медных месторождений на востоке СССР // Проблемы эндогенного рудообразования и металлогении. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 56–75.
20. Павлова И.Г., Александров Г.В. Молибден // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. – Л.: Недра, 1978. – С. 237–255.
21. Бородаевская М.Б., Рожков И.С. Месторождения золота // Рудные месторождения СССР. Т. 3. – М.: Недра, 1978. – С. 5–76.
22. Ивенсен Ю.П., Левин В.И. Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. – М.: Наука, 1975. – С. 5–120.
23. Шило Н.А. К проблеме систематики золоторудных месторождений // Проблемы геохимии эндогенных процессов. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 110–117.
24. Найбородин В.А., Сидоров А.А. Рудно-формационный ряд золотых месторождений в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10. – М.: Наука, 1973. – С. 240–249.
25. Демидова Н.Г. Рудные формации ртутных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. Т. 2. – М.: Наука, 1976. – С. 297–359.
26. Бергер В.И. Сурьма и ртуть // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. – Л.: Недра, 1978. – С. 287–315.
27. Юсупов Х.М. Основные закономерности размещения ртутно-сурьмяного оруденения в Зеравшано-Гиссарском рудном поясе. – Душанбе: Дониш, 1978. – 192 с.
28. Архипов Ю.В., Биланенко В.А. Сурьмяное оруденение в Восточной Якутии // Разведка и охрана недр. – 1973. – № 10. – С. 8–13.
29. Комарова Г.Н. Основные формации месторождений флюорита // Рудные формации эндогенных месторождений. Т. 1. – М.: Наука, 1976. – С. 269–322.
30. Пузанов Л.С. Формации месторождений плавикового шпата // Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. Т. 1. – М.: Недра, 1977. – С. 265–299.
31. Иванова А.А., Михайлова Ю.И., Новолинская С.А. Флюорит // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. – Л.: Недра, 1978. – С. 501–518.
32. Филатов Е.И., Ширай Е.П. Формационный анализ рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 144 с.
33. Львов Б.К. Формационные основы металлогенического анализа. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1997. – 144 с.
34. Покалов В.Т. Рудноформационный анализ и некоторые аспекты его применения // Отечественная геология. – 1993. – № 5. – С. 9–15.
35. Горжевский Д.И. История возникновения и современного использования понятия рудная формация // Руды и металлы. – 1996. – № 5. – С. 5–10.
36. Кудрин В.С., Архангельская В.В., Эпштейн Е.М. Особенности рудноформационного анализа эндогенных месторождений литофильных редких металлов // Руды и металлы. – 1996. – № 5. – С. 18–26.
37. Павловский А.Б., Маршукова Н.К., Бурова Т.А. Рудноформационный анализ и новые типы оловянного оруденения // Руды и металлы. – 1996. – № 5. – С. 43–50.
38. Фогельман Н.А. Основные принципы формационного анализа золотоносных районов и рудных полей в целях прогноза // Отечественная геология. – 1999. – № 3. – С. 14–18.
39. Кудрявцева Н.Г. Ряды рудных формаций месторождений цветных и благородных металлов в различных геодинамических обстановках Юго-Западного Алтая // Руды и металлы. – 2001. – № 6. – С. 44–52.